

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-64928

(P2004-64928A)

(43) 公開日 平成16年2月26日 (2004.2.26)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H02P 9/00  
F03D 7/04  
F03D 9/00

F I

H02P 9/00  
H02P 9/00  
F03D 7/04  
F03D 9/00

テーマコード (参考)

3H078  
5H590

F  
A  
Z  
B

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2002-221714 (P2002-221714)  
(22) 出願日 平成14年7月30日 (2002.7.30)

(71) 出願人 000003115  
東洋電機製造株式会社  
東京都中央区京橋2丁目9番2号  
(72) 発明者 塩田 剛  
神奈川県海老名市東柏ヶ谷4丁目6番32  
号 東洋電機製造株式会社相模製作所内  
(72) 発明者 上園 恵一  
神奈川県海老名市東柏ヶ谷4丁目6番32  
号 東洋電機製造株式会社相模製作所内  
Fターム (参考) 3H078 AA02 AA26 BB01 BB11 CC01  
CC22 CC32 CC73  
5H590 AA02 CA14 CC02 CC18 CC34  
CD01 CE05 EA13 EB02 EB20  
FA05 FB02 FC12 GA02 HA27

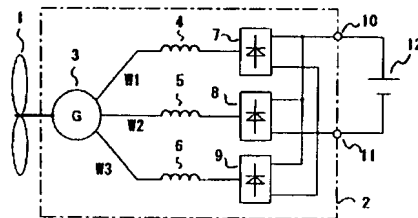
(54) 【発明の名称】 小型風力発電装置

(57) 【要約】

【課題】 風速に見合った概略の最高出力を取り出してバッテリー充電を行うためには、PWMコンバータによる制御が必要であったが、PWMコンバータは高価であり、その制御電源の待機電力が必要なので、小型に属する風力発電装置では、年間発電量が減少するという問題があった。

【解決手段】 風車により駆動される永久磁石型発電機の交流出力をダイオード整流して直流出力する小型風力発電装置において、前記永久磁石型発電機を誘起電圧の異なる複数の巻線により構成し、該複数の巻線の交流出力に個別のダイオード整流器を接続し、該個別のダイオード整流器の直流出力を加算して外部に出力するものである。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

風車により駆動される永久磁石型発電機の交流出力をダイオード整流して直流出力する小型風力発電装置において、前記永久磁石型発電機を誘起電圧の異なる複数の巻線により構成し、該複数の巻線の交流出力に個別のダイオード整流器を接続し、該個別のダイオード整流器の直流出力を加算して外部に出力する事を特徴とする小型風力発電装置。

## 【請求項 2】

請求項 1 記載の小型風力発電装置において、前記風車の形状より一義的に定まる最大出力となる風車回転数対風車最大出力特性を求め、該風車回転数対風車最大出力特性に基づいて前記永久磁石型発電機の異なる誘起電圧値を決定する事を特徴とする小型風力発電装置 10

## 【請求項 3】

請求項 2 記載の小型風力発電装置において、前記永久磁石型発電機の異なる誘起電圧値を有する複数の巻線の交流出力と前記個別のダイオード整流器の間に個別のリアクトルを接続する事を特徴とする小型風力発電装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、風車により駆動される発電機から最大出力を取り出すための小型風力発電装置に関するものであり、特に、PWMコンバータを用いずに、常に、風から概略の最大出力 20  
を取り出してバッテリー充電を行うPWMコンバータレスの小型風力発電装置に関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

風車に接続された永久磁石型発電機より、PWMコンバータを用いて交流を直流に変換して、最大電力を取り出すための風力発電装置については、公知である。

以下に、従来の、風車により駆動される永久磁石型発電機より、最大出力を取り出す発電装置を、図5の従来の風力発電装置の接続を示すブロック図を参照して詳述する。

図5において、1は風車、21は従来の永久磁石型発電機、22は回転計、23はPWMコンバータ、12はバッテリー、24は出力制御装置、25は風速計である。 30

## 【0003】

風車1により駆動される従来の永久磁石型発電機21の交流側は、PWMコンバータ23に接続され、風車1により可変速に駆動される従来の発電機21の交流電力は、PWMコンバータ23により直流電力に変換されて、バッテリー12を充電する。

従来の永久磁石型発電機21に直結される回転計22の出力である風車回転数N、及び風速計25の出力である風速Uは、出力制御装置24に出力され、出力制御装置24は以下に示す方法により作成した、電流指令I\*をPWMコンバータ23に出力する。

## 【0004】

図4は、風速をパラメータとした時の、風車回転数対風車出力特性の概要を説明した図である。 40

風車は、風車の形状及び風速Uが決まると、風車回転数Nに対する風車出力Pが一義的に定まり、例えば風速U<sub>x</sub>及びU<sub>y</sub>に対する風車出力Pは、それぞれ図4の実線で示される。そして、種々の風速に対する風車出力Pのピークは、図4の一点鎖線で示す最大出力曲線のようになる。

すなわち、図4の風車回転数対風車出力特性において、風速がU<sub>x</sub>の時は、風速U<sub>x</sub>の風車出力曲線と最大出力曲線との交点S<sub>x</sub>に示すように、風車回転数N<sub>x</sub>において、風車最大出力P<sub>x</sub>となる。

又、風速がU<sub>y</sub>の時は、風車回転数N<sub>y</sub>において、風速U<sub>y</sub>での風車最大出力P<sub>y</sub>となる。

## 【0005】

図 4 に示すような風車回転数対風車出力特性を有する風車から、種々の風速において、風車最大出力を得るための従来方法を、図 5 を参照しながら説明する。図 5 の出力制御装置 24 は、風速計 25 より風速  $U$  を入力して、平均風速  $U_a$  を求め、予め出力制御装置 24 内に記憶している、図 4 に示すような最大出力曲線に一致する、平均風速  $U_a$  に対する最大風車出力  $P$  を求める。

次に、この最大風車出力  $P$  より、(1) 式に示す発電機電流  $I$  を求め、この発電機電流  $I$  を電流指令  $I^*$  として PWM コンバータ 23 に出力して、PWM コンバータ 23 による可変周波数電源により従来の発電機 21 を制御し、結果的に従来の発電機 21 に直結される風車 1 より最大出力を取り出していた。

【0006】

10

風車最大出力 ( $P$ ) = 定数 ( $K$ ) × 風車回転数 ( $N$ ) × 発電機電流 ( $I$ ) . . . (1)

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

このように、風車 1 により駆動される従来の永久磁石型発電機 21 に接続された PWM コンバータ 23 により、種々の風速  $U$  において、最大出力を得るためには、高価な制御回路及びスイッチング素子で構成される PWM 変換器を有する PWM コンバータ 23 が必要である。

又、何時、吹くか分からない風に対して、常時、PWM コンバータ 23 の制御電源を ON 状態にする必要があるため、小型に属する発電装置においては、年間を通した発電量に対して、上記制御回路の待機電力量の割合が大きなものとなっていた。

20

さらに、遅れを伴う風速計 25 より測定した平均風速  $U_a$  を用いて、PWM コンバータ 23 を制御しているために、常に、風から最大出力を得られるとは限らなかった。

本発明は上記事情に鑑みなされたものであって、主として、その目的とするところは、PWM コンバータ 23 や風速計 25 を必要とせず、上記制御回路の待機電力を消費せず、しかも種々の風速  $U$  から風速の 3 乗に概略比例する最大出力を得る小型風力発電装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

従って、本発明では、制御回路電源が必要な PWM コンバータを用いなくて、複数の誘起電圧を出力する永久磁石型発電機とダイオード整流器で構成した小型風力発電装置により、バッテリー等の定電圧源に充電を行う事により、常に、風速  $U$  に見合った概略の最高出力を取り出すものである。

30

【0009】

そこで、図 4 の最大出力曲線を見方を変えて見ると、風から最大出力を得るためには、風車回転数  $N$  が決まると、その時の永久磁石型発電機の出力  $P$  を一義的に、最大出力曲線上の値に定めれば良い事を表している。又、この最大出力曲線は、最大出力曲線よりも左側の領域に、出力  $P$  を定めると、風車は失速してしまう事を表している。

従って、本発明では、上記の最大出力曲線を念頭に置いて、以下の如き工夫を行った。

図 3 は、本発明の動作原理を説明するための図であり、小型風力発電装置の直流出力をバッテリー等の定電圧源に接続した場合で、小型風力発電装置内の永久磁石型発電機の複数の巻線を 3 巻線とし、巻線  $W1 \sim W3$  をパラメータとした時の、各巻線の風車回転数対出力特性を示した図である。

40

上記 3 巻線の巻数は、それぞれ異なっており、図 3 において、点線  $W2$  の巻線の巻数は、一点鎖線  $W1$  の巻線の巻数より多く巻かれている。さらに、実線  $W3$  の巻線の巻数は、点線  $W2$  の巻線の巻数より多く巻かれている。

【0010】

従って、このように巻数に差があるために、各巻線に発生する電圧は、永久磁石型発電機の同一回転数において、巻数に比例した誘起電圧が発生する。すなわち、巻線  $W1$  より巻線  $W2$ 、さらに巻線  $W2$  より巻線  $W3$  の方が高い電圧を発生する。従って、各巻線の内部インダクタンス値は、巻線  $W1$  より巻線  $W2$ 、さらに巻線  $W2$  より巻線  $W3$  の方が大きく

50

なる。

これらの巻線からダイオード整流を経て、ほぼ定電圧のバッテリーに充電しようとする、永久磁石型発電機の回転数が上昇して、発生電圧が高くなっても、各巻線のインダクタンスによる電圧降下のために、各巻線から発生する電流は、ほぼ一定になるために、出力は図3に示すようになる。

#### 【0011】

ここで、図3に基づき、巻線W3により発生する出力Pの説明を行う。風車回転数Nが低い場合には、巻線W3の発生電圧VW3がバッテリー電圧VBより低いために、バッテリーには充電されない。しかし、風車回転数Nが上昇して、N3付近になると、電流が流れ始めて、風車回転数NがN3になると、出力PはPW3となる。これ以上に風車回転数Nが上昇して誘起電圧が上昇しても、バッテリー電圧は、ほぼ一定であるが、巻線のインダクタンスによるインピーダンスが周波数に比例するために、出力PはPW3より漸増するに留まる。

#### 【0012】

さらに、巻数の少ない巻線W2についても同様に、風車回転数Nが上昇して、N2付近になると、電流が流れ始めて、風車回転数NがN2になると、出力PはPW2となり、これ以上の風車回転数Nが上昇しても、出力Pは、ほぼPW2になる。ここで、巻線W2の内部インダクタンスは、巻線W3の内部インダクタンスより小さいために、巻線W2には、巻線W1の電流よりも大きな電流が流れ、出力PW2は出力PW1より大きくなる。又、巻線W1についても同様に、風車回転数NがN1付近になると、電流が流れ始めて、風車回転数NがN1になると、出力PはPW1となる。

#### 【0013】

本発明は上記原理に基づき、前述の課題を解決するものであり、その目的を達成するための手段は、

##### 1)、請求項1において、

風車により駆動される永久磁石型発電機の交流出力をダイオード整流して直流出力する小型風力発電装置において、前記永久磁石型発電機を誘起電圧の異なる複数の巻線により構成し、該複数の巻線の交流出力に個別のダイオード整流器を接続し、該個別のダイオード整流器の直流出力を加算して外部に出力する事を特徴とするものである。

#### 【0014】

##### 2)、請求項2において

請求項1記載の小型風力発電装置において、前記風車の形状より一義的に定まる最大出力となる風車回転数対風車最大出力特性を求め、該風車回転数対風車最大出力特性に基づいて前記永久磁石型発電機の異なる誘起電圧値を決定する事を特徴とするものである。

#### 【0015】

##### 3)、請求項3において、

請求項2記載の小型風力発電装置において、前記永久磁石型発電機の異なる誘起電圧値を有する複数の巻線の交流出力と前記個別のダイオード整流器の間に個別のリアクトルを接続する事を特徴とするものである。

#### 【0016】

##### 【発明の実施の形態】

図1は、本発明の、風車により駆動される小型風力発電装置の主回路単線結線図である。同図において、2は小型風力発電装置、3は本発明の永久磁石型発電機、4～6は第1～第3のリアクトル、7～9は第1～第3のダイオード整流器、10は正側出力端子、11は負側出力端子であり、図5と同一番号は同一構成部品を表す。

以下、図1について説明する。

#### 【0017】

本発明の永久磁石型発電機3は、絶縁された巻数の異なる3巻線を有し、3巻線の中の巻数が一番少ない巻線W1は、第1のリアクトル4に接続され、さらに第1のダイオード整流器7に接続される。

次に巻数が多い巻線W2は、第2のリアクトル5に接続され、さらに第2のダイオード整流器8に接続される。

又、巻数が一番多い巻線W3は、第3のリアクトル6に接続され、さらに第3のダイオード整流器9に接続される。

上記第1～第3のダイオード整流器7～9の各々の直流側は、正側出力端子9及び負側出力端子10に接続され、さらにバッテリー12に接続される。

#### 【0018】

このように構成される小型風力発電装置2より、種々の風速において、風車の形状より一義的に定まる最大出力を、近似的に取り出す方法を、図2の本発明の小型風力発電装置の風車回転数対風車出力特性図を参照して説明する。

10

図2の実線で示す最大出力曲線は、図4で示した最大出力曲線と同一の曲線であり、風車回転数Nに対する出力Pが、この曲線上にあれば、風車より最大出力を取り出せている。上記最大出力曲線上の出力を近似的に取り出すために、図2の点線で示す近似出力曲線を想定する。この近似出力曲線は、本発明の小型風力発電装置2をバッテリー12等の定電圧源に接続した時の風車回転数対風車出力特性であり、図3に示す巻線W1～W3の出力を加算して得られる出力値と同一である。

上記の加算して得られる出力値とは、ハード的には、図1の巻線W1～W3の加算出力であり、正側出力端子9及び負側出力端子10からのバッテリー12への出力である。

#### 【0019】

図2及び図3を、バッテリー内部抵抗を無視して、さらに詳述する。風車回転数N3においては、最大出力曲線及び近似出力曲線との交点X3における出力はP3であるが、この値は、図3の風車回転数N3における巻線W3の出力PW3と同一値である。すなわち、風車回転数N3においては、巻線W3の誘起電圧VW3のみバッテリー電圧VBを超えるために、巻線W3からバッテリー12に出力電流が流れる。

20

#### 【0020】

次に、風車回転数N2においては、最大出力曲線及び近似出力曲線との交点X2における出力はP2であるが、この値は、図3の風車回転数N2における巻線W2の出力PW2と巻線W3の出力PW3を加算した値である。すなわち、風車回転数N2においては、巻線W2及びW3の誘起電圧VW2及びVW3が、バッテリー電圧VBを超えるために、巻線W2及びW3からバッテリー12に出力電流が流れる。

30

又、風車回転数N1においては、最大出力曲線との交点X1における出力はP1であるが、この値は、図3の風車回転数N1における巻線W1の出力PW1、巻線W2の出力PW2及び巻線W3の出力PW3を加算した値である。すなわち、風車回転数N1においては、巻線W1～W3の誘起電圧VW1～VW3が、バッテリー電圧VBを超えるために、巻線W1～W3からバッテリー12に出力電流が流れる。

#### 【0021】

以上、本発明の実施例では、小型風力発電装置2を構成する永久磁石型発電機3は、異なる誘起電圧及び出力を発生するために、各巻線は異なる巻数で構成されると共に、各巻線の断面積は、巻線W3より巻線W2の方が、さらに巻線W2より巻線W1の方が、大きい巻線で構成される。

40

又、永久磁石型発電機3は、異なる誘起電圧及び出力を発生するように、内部巻線を構成すれば良く、必ずしも、同一の固定子スロットに、巻数の異なる3巻線を納める必要は無い。

さらに、本発明の小型風力発電装置2は、3相に限らず、他の相数でも可能である。

#### 【0022】

本発明において、図2で示す近似出力曲線を、より最大出力曲線に近づけて、風からのエネルギーを可能な限り取り出すためには、本発明の永久磁石型発電機3の各巻線W1～W3の誘起電圧値及び内部インダクタンス値と、第1～第3のリアクトル4～6のインダクタンス値を加減する事により可能である。

すなわち、図2で示す最大出力曲線は、風車回転数に対して3次曲線であるが、複数の各

50

巻線の内部インダクタンスとリアクトルによる電圧降下は、風車回転数に比例する。又、複数の各巻線の誘起電圧は巻数に比例するが、内部インダクタンスは巻数の2乗に比例する事等を考慮して、設計される。

#### 【0023】

さらに、第1のダイオード整流器7に接続される、第1のリアクトル4と巻線W1の加算したインダクタンス値は、最小の値が要求されるために、第1のリアクトル4を削除できるように、本発明の永久磁石型発電機の永久磁石と巻数の設計を行う事もできる。

#### 【0024】

以上、本発明の実施例では、異なる誘起電圧を発生させる巻線の数を3として説明したが、近似出力曲線の最大出力曲線に対する近似度が荒くても良ければ、2巻線で構成しても実用的であり、又、さらに近似出力曲線の近似度を上げるために、4巻線以上にする事も可能である。

#### 【0025】

又、本発明の小型風力発電装置から、バッテリー等の定電圧源へ充電する場合について説明したが、充電により直流電圧が上昇するような場合には、上昇した直流電圧に充電しようとするために、図2の小型風力発電装置の近似出力曲線は最大出力曲線から右側に乖離して、出力が減少する。これは、バッテリー等の定電圧源への充電が、風力発電により十分に行われた結果の電圧上昇であり、バッテリー等の定電圧源を含めたシステム全体として、何ら不具合となるものではない。さらに電圧上昇するようなシステムにおいては、バッテリー等の定電圧源を切り離すか、風車を停止すれば良い。

このように、充電により直流電圧が上昇するような場合には、仕様で決めた充電を開始する最低電圧において、小型風力発電装置の近似出力曲線を最大出力曲線に、最も近づけるように設計すれば良い。

#### 【0026】

##### 【発明の効果】

以上、風速計や制御回路電源が必要なPWMコンバータを使用しないで、複数の誘起電圧を出力する永久磁石型発電機、リアクトル及びダイオード整流器で構成した小型風力発電装置で、バッテリー等の定電圧源の充電を行う事により、常に、風速に見合った概略の最高出力を取り出す方法について説明した。

この方法により構成した小型風力発電装置によれば、風速計や高価なPWMコンバータが不要であるために安価に構成でき、前記PWMコンバータでは必要となる待機電力が不要なので、年間を通した発電量を増加させる事ができるので、実用上おおいに有用である。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の、風車により駆動される小型風力発電装置の主回路単線結線図である。

【図2】本発明の小型風力発電装置の風車回転数対風車出力特性図である。

【図3】本発明の動作原理を説明するための図である。

【図4】風速をパラメータとした時の、風車回転数対風車出力特性の概要を説明する図である。

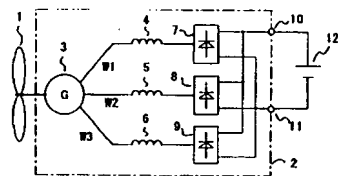
【図5】従来の風力発電装置の接続を示すブロック図である。

##### 【符号の説明】

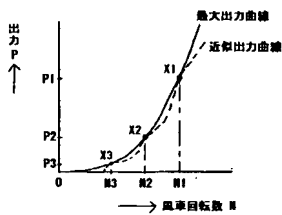
- |     |                |
|-----|----------------|
| 1   | 風車             |
| 2   | 小型風力発電装置       |
| 3   | 本発明の永久磁石型発電機   |
| 4～6 | 第1～第3のリアクトル    |
| 7～9 | 第1～第3のダイオード整流器 |
| 10  | 正側出力端子         |
| 11  | 負側出力端子         |
| 12  | バッテリー          |
| 21  | 従来の永久磁石型発電機    |
| 22  | 回転計            |

- 2 3            P W M コンバータ  
 2 4            出力制御装置  
 2 5            風速計

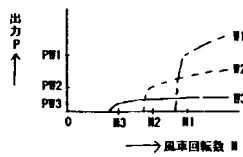
【図 1】



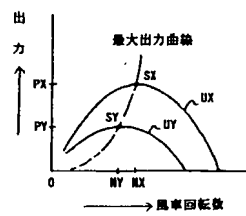
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

